

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

Technicko-ekonomické srovnání jednotlivých způsobů vytápění budov s využitím  
výpočetního softwaru  
Technical and Economic Comparison of Various Methods of Heating of the Buildings  
by Using Computation Software

Student:

Pavel Dvořák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Honus, Ph.D

Ostrava 2013

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Pavel Dvořák**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma:

Technicko-ekonomické srovnání jednotlivých způsobů vytápění budov  
s využitím výpočetního softwaru  
Technical and Economic Comparison of Various Methods of Heating  
of the Buildings by Using Computation Software

Zásady pro vypracování:

1. Dle technické dokumentace proveďte výpočet tepelné ztráty budovy.
2. Vypočítejte roční potřebu tepla na vytápění.
3. Navrhněte možnosti vytápění, porovnejte je z hlediska ekonomického i technického a zvolte pro danou budovu nejvhodnější variantu.

Pro řešení využijte software Stavební fyzika. K práci budou přiloženy výkresy řešené budovy.

Seznam doporučené odborné literatury:

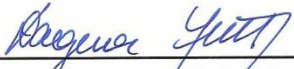
- BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. 2. vydání. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2000. 110 s. ISBN 80-902001-1-7.
- LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T. *Výpočtové tabulky pro vytápění 9*. Společnost pro techniku prostředí, 2001.
- SAZIMA, M., KMONÍČEK, V., SCHNELLER, J. *Teplo*. 1. vydání. SNTL –Nakladatelství technické literatury, 1989. 592 s. ISBN 80-03-00043-2.
- VRÁNA, J. a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. Grada, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
- LINHART, L. *Zateplování budov*. 1. vydání. Grada, 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.
- TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy*. Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.
- ČSN 730540-2 (730540). *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2012.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Honus, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....18.5.2013.....

*Jiřík Pavel*  
.....  
podpis studenta

Tato práce byla vypracována s podporou projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Děkuji především panu Ing. Stanislavu Honusovi, Ph.D za poskytnuté konzultace při přípravě mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: ...18.5.2013....

*Dvořák Pavel*

.....  
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Pavel Dvořák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Balbínova 557/73, 72529, Ostrava - Petřkovice

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DVOŘÁK, P. *Technicko-ekonomické srovnání jednotlivých způsobů vytápění budov s využitím výpočetního softwaru: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2013, 40 s. Vedoucí práce: Honus, S.

Bakalářská práce se zabývá technicko-ekonomickým srovnáním jednotlivých způsobů vytápění rodinného domu. V první části práce byly výpočetním softwarem stanoveny tepelné ztráty objektu a spotřeba tepla na vytápění. V další části jsem se zabýval jednotlivými druhy paliv a navrhl jsem několik možných způsobů vytápění. Navržené zdroje tepelné energie jsem porovnal z hlediska investičních a provozních nákladů. V závěru práce jsem na základě posouzení výhod a nevýhod zvolil nejlepší variantu vytápění.

## ANNOTACION OF BACHELOR THESIS

DVOŘÁK, P. *Technical and Economic Comparison of Various Methods of Heating of the Buildings by Using Computation Software: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2013, 40 p. Thesis head: Honus, S.

Bachelor thesis deals with technical and economic comparison of the various methods of heating a family house. In the first part of the thesis, computational software defined heat loss and heat consumption for heating. In the next part, I dealt with different types of fuels and i suggested several possible ways of heating. The proposed sources of thermal energy have been compared in terms of investment and operating costs. In the end, I chose the best variation of heating based on an assessment of the advantages and disadvantages.

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Výpočet ztrát a roční spotřeby tepla.....	9
2.1	Výpočetní software .....	9
2.2	Základní vztahy pro výpočet tepelných ztrát podle ČSN EN 12831 .....	10
2.2.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla.....	11
2.2.2	Tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí <i>HT, ie</i> .....	11
2.2.3	Návrhová tepelná ztráta větráním .....	12
2.2.4	Přirozené větrání.....	12
2.2.5	Hygienické množství vzduchu .....	12
2.2.6	Infiltrace obvodovým pláštěm budovy .....	13
2.3	Výkresová dokumentace.....	13
2.4	Popis a složení jednotlivých konstrukcí.....	13
2.5	Vstupní hodnoty.....	14
2.6	Celková tepelná ztráta objektu .....	17
2.7	Výpočet roční spotřeby tepla .....	19
2.8	Vyhodnocení výsledku posouzením podle ČSN 730540-2 (2007).....	21
3	Technicko-ekonomické srovnání jednotlivých způsobů vytápění.....	22
3.1	Paliva, energie .....	22
3.1.1	Tuhá paliva .....	23
3.1.2	Plynná paliva .....	25
3.1.3	Elektrická energie.....	26
3.1.4	Srovnání ceny jednotlivých paliv za GJ energie.....	27
3.2	Zdroje tepla .....	28
3.2.1	Kotle na tuhá paliva.....	29
3.2.2	Kondenzační plynové kotle .....	31
3.2.3	Elektrické kotle.....	33
3.2.4	Investiční náklady jednotlivých zařízení .....	33
3.3	Posouzení výhod a nevýhod jednotlivých zdrojů tepla.....	35
4	Závěr.....	37
	Seznam použité literatury .....	38
	Seznam tabulek.....	39
	Seznam grafů.....	40
	Seznam obrázků .....	40
	Seznam příloh.....	40

# 1 Úvod

Volba správného druhu vytápění objektů a budov je v dnešní době velmi důležitou záležitostí. Momentální vývoj cen energií, ochrana životního prostředí a také naše finanční situace nás nutí k energetickým úsporám a k nejefektivnějšímu využívání všech zdrojů energie. Pokud podstatnou část našich finančních výdajů tvoří náklady spojené s energiemi, je moudré zvážit, který typ vytápění je pro nás ideální. Výběr není ovlivněn samozřejmě pouze ekonomickými faktory. Nutné je přihlížet i k možnému technickému řešení. V této práci se těmito otázkami budu zabývat a aplikuji je na rodinný dům, ve kterém žiji.

Při dimenzování topné soustavy se vychází především z tepelných ztrát objektu. Je tedy nezbytné tuto ztrátu stanovit. Tepelná ztráta se skládá převážně ze ztráty vzniklé prostupem tepla přes konstrukci domu a ze ztráty způsobené větráním. Možností jak tyto ztráty redukovat je mnoho. Nejčastěji se prostup tepla redukuje celkovým zateplením domu. Snížit ztrátu způsobenou větráním lze pouze částečně, a to rekuperativními výměníky.

Faktorů ovlivňujících výběr optimálního zdroje tepla je několik. Již u zmíněných ekonomických a technických požadavků se přihlíží k nárokům uživatele na komfort, frekvenci obsluhy a údržbu samotného zařízení. V dnešní době můžeme na trhu nalézt celou škálu zařízení, proto výběr toho ideálního, nemusí být vždy snadnou záležitostí.

Námětem této práce je seznámit se s různými možnostmi vytápění, s cenou jednotlivých paliv a topných zařízení s cílem vybrat pro zmíněný rodinný dům tu nejlepší variantu zdroje tepla.



## 2 Výpočet ztrát a roční spotřeby tepla

Jak už bylo řečeno v úvodu, výběr vhodného typu vytápění aplikuji na rodinný dům. Jedná se o stavbu z roku 1965 a nachází se v Ostravě Petřkovicích. V roce 2005 zde proběhla částečná rekonstrukce s hlavním cílem snížit tepelné ztráty celkovým zateplením. Byla provedena výměna všech oken a vstupních dveří. Obvodové zdivo bylo zatepleno pěnovým polystyrenem. Proběhla také výměna eternitové střešní krytiny za hliníkovou. Dům je zachycen na obrázku č. 1.1.



Obr. č. 1.1 Pohled na dům ze silnice.

### 2.1 Výpočetní software

Výpočet tepelných ztrát a roční spotřeby tepla je stanoven programem Stavební fyzika. Tento software je dílem Doc. Dr. Ing. Zbyňka Svobody, dlouholetého pedagoga ČVUT v Praze. Software obsahuje několik aplikací. Využil jsem aplikaci s názvem Ztráty, která se zabývá hlavně výpočtem tepelných ztrát objektů. Výpočet tepelných ztrát je uskutečněn dle normy EN 12831. Průměrný součinitel prostupu tepla budovy je počítán podle normy ČSN 730540. Program také dokáže zpracovat energetický štítek, a to podle normy ČSN 730540-2.

V programu jsou příslušná data zadávána do jednotlivých formulářů. První formulář se týká základního popisu objektu, jako je jeho geometrie a okrajové podmínky (návrhová venkovní teplota, průměrná roční teplota venkovního prostoru, atd.). Pro okrajové podmínky je k dispozici katalog s příslušnými hodnotami pro jednotlivé oblasti ČR.

Následující formulář je věnován popisu jednotlivých místností v objektu. Formulář je rozdělen na dvě základní části. Do horní části se zadává základní popis místnosti (geometrie, způsob vytápění). Do spodní části se zadává popis větrání a obalových konstrukcí místnosti. Jedná se o konstrukce a tepelné mosty v kontaktu s vnějším vzduchem, konstrukce v kontaktu se zemínou, konstrukce a tepelné mosty v kontaktu s nevytápěnými prostory a konstrukce v kontaktu s odlišně vytápěnými prostory.

Pro součinitel prostupu tepla konstrukce, pro plochu konstrukce a pro teplotní korekční činitel je k dispozici pomocný výpočet. V nabídce lze nalézt i katalog konstrukcí, katalog tepelných mostů (katalog s lineárními činiteli prostupu tepla pro typické tepelné mosty uvedené v ČSN EN ISO 14683), katalog okrajových podmínek (katalog teplot pro výběr vnitřní návrhové teploty dle ČSN EN 12831).

Pomoc při zadávání parametrů konstrukcí ohraničujících hodnocenou místnost nabízí seznam oblíbených konstrukcí, který lze doplňovat až do maximálního počtu 20 položek a z kterého lze snadno vybrat název konstrukce a její součinitel prostupu tepla. Tyto hodnoty se pak přenesou automaticky do vstupního formuláře. Oblíbené konstrukce lze definovat i přímým výběrem z libovolné, již vypočtené úlohy programu Teplo nebo z katalogu konstrukcí. Po ukončení práce s 2. formulářem jsem mohl zahájit samotný výpočet tepelných ztrát.

## 2.2 Základní vztahy pro výpočet tepelných ztrát podle ČSN EN 12831

Celková tepelná ztráta prostoru (i),  $\phi_i$  se vypočítá podle vztahu:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad [W] \quad (2.1)$$

kde:

$\phi_{T,i}$  návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) ve (W);

$\phi_{V,i}$  návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) ve (W).

Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru je okamžitá hodnota tepelné energie, která z domu uniká prostupem tepla přes konstrukci a větráním.

### 2.2.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta způsobená prostupem tepla  $\phi_{T,i}$  se pro vytápěný prostor (i) vypočítá podle vztahu:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (2.2)$$

kde:

$H_{T,ie}$  součinitel tepelná ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy ve wattech na Kelvin ( $W \cdot K^{-1}$ )

$H_{T,iue}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) ve wattech na Kelvin ( $W \cdot K^{-1}$ )

$H_{T,ig}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu ve wattech na Kelvin ( $W \cdot K^{-1}$ )

$H_{T,ij}$  součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotou ve wattech na Kelvin ( $W \cdot K^{-1}$ )

$\theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve stupních Celsia ( $^{\circ}C$ )

$\theta_e$  výpočtová venkovní teplota ve stupních Celsia ( $^{\circ}C$ )

### 2.2.2 Tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad [W] \quad (2.3)$$

kde:

$A_k$  plocha stavební části (k) v metrech čtverečních ( $m^2$ )

$e_k, e_l$  korekční součinitel vystavení povětrnostním vlivům

$U_k$  součinitel prostupu tepla stavební částí (k) ve wattech na metr čtvereční a Kelvin ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )

$l_l$  délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím v metrech (m)

$\Psi_l$  činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l) ve wattech na metr a Kelvin ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )

### 2.2.3 Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (2.4)$$

kde:

$H_{V,i}$  součinitel návrhové tepelné ztráty větráním ( $W \cdot K^{-1}$ )

$\theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ( $^{\circ}C$ )

$\theta_e$  výpočtová venkovní teplota ( $^{\circ}C$ )

### Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = \dot{V}_l \cdot \rho \cdot c_p \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (2.5)$$

kde:

$\dot{V}_l$  výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$\rho$  hustota vzduchu při  $\theta_{int,i}$  ( $kg \cdot m^{-3}$ )

$c_p$  měrná tepelná kapacita vzduchu při  $\theta_{int,i}$  ( $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )

### 2.2.4 Přirozené větrání

$$\dot{V}_l = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (2.6)$$

kde:

$\dot{V}_{inf,i}$  množství vzduchu infiltrací vytápěného prostoru ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )

$\dot{V}_{min,i}$  minimální hygienické množství vzduchu ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )

### 2.2.5 Hygienické množství vzduchu

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (2.7)$$

kde:

$n_{min}$  minimální intenzita výměny venkovního vzduchu ( $h^{-1}$ )

$V_i$  objem vytápěné místnosti ( $m^3$ )

### 2.2.6 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (2.8)$$

kde:

- $n_{50}$  intenzita výměny vzduchu za hodinu ( $h^{-1}$ ) při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřním a vnějším prostředím
- $e_i$  stínící činitel
- $\varepsilon_i$  výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země

## 2.3 Výkresová dokumentace

Veškerá výkresová dokumentace je v příloze tohoto dokumentu. Na výkresech jsou zachyceny pohledy na dům z jednotlivých světových stran (příloha A a příloha B). Dále pak půdorysy obou vytápěných pater (příloha C a příloha D) a příčný řez celou budovou (příloha E).

## 2.4 Popis a složení jednotlivých konstrukcí

Obvodové zdivo má celkovou tloušťku 455 mm. Je složeno z pěti vrstev. Vnitřní vápencové omítky o tloušťce 15 mm, cihly plné o délce 290 mm, břizolitu o tloušťce 20 mm, fasádního polystyrenu 120 mm a nakonec vnější omítky 10 mm. Před zateplením byl břizolit poslední vnější vrstvou obvodového zdiva.

Jednotlivé vnitřní stěny se liší v tloušťce zdiva, přičemž složení vrstev zůstává stejné. V domě se nachází celkem 3 rozdílné vyzdívky o rozměrech 300, 150 a 100 mm. Jako zdivo je použita cihla plná o rozměrech 290 x 140 x 65 mm. Všechny tyto stěny jsou omítnuty vápencovou omítkou o tloušťce 15 mm.

V obou patrech jsou betonové podlahy o celkové tloušťce 200 mm. Ze spodní strany jsou omítnuty vápencovou omítkou. V přízemí je z části položena laminátová plovoucí podlaha, ve zbylých místnostech je keramická dlažba. V druhém patře je ve většině místností položen koberec, pouze na toaletě a koupelně je keramická dlažba.

Strop prvního patra je zaizolován, a to z důvodu snížení tepelných ztrát do podkrovního domu. Strop tvoří dvě řady dřevěných desek, mezi které je nafoukána 200 mm vrstva Climatizeru plus. Spodní řada desek je omítnuta vápennou omítkou. Na horní řadě desek je nanášena 50 mm vrstva škvárobetonu.

Střecha je tvořena hliníkovým plechem o síle 0,6 mm. Plech je přibit přes IPU o tloušťce 0,5 mm na dřevěné desky, pod kterými je 100 mm silná izolační vrstva ze

skelné vlny. Následují opět dřevěné desky o tloušťce 25 mm. Na těchto prknech je nahozena 15 mm silná vrstva vápenné omítky.

V tabulce č. 2.1 jsou uvedeni jednotliví součinitelé tepelné vodivosti použitých stavebních materiálů. Jejich hodnoty byly vybrány z katalogu stavebních materiálů výpočetního softwaru.

Popis	$\lambda$
	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Cihla plná	0,550
Škvárobetonová tvárnice	0,560
Beton struskový	0,550
Beton hutný	1,230
Omítka vápenná	0,870
Dřevo měkké	0,180
Pěnový polystyren	0,033
Skelná vlna	0,046
Climatizer plus	0,037
Keramická dlažba	1,010
Plovoucí podlaha	0,370
Koberec	0,065
IPA	0,210
Ethafoam	0,041
Hliník	204,000

Tab. č. 2.1 Součinitele tepelné vodivosti použitých stavebních materiálů.

## 2.5 Vstupní hodnoty

V následujících tabulkách jsou uvedena všechna data potřebná pro výpočet ztrát v programu Stavební fyzika. V tabulce č. 2.2 jsou vypsány okrajové podmínky. Návrhová venkovní teplota byla převzata z národní přílohy NA.1 v ČSN EN 12831. Průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu ve smyslu ČSN EN ISO 13788 byly převzaty z publikace NKP ČR 30 - V. Květoň: Normály teploty vzduchu na území ČR v období 1961-1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961-2000, ČHMÚ 2001. Průměrné měsíční relativní vlhkosti byly vypočteny z průměrných měsíčních teplot v souladu s čl. 7.11.2 v ČSN 730540-3 (2005).

Popis	Označení	Hodnota	Jednotka
Výpočtová venkovní teplota	$T_e$	-15	°C
Roční průměrná teplota vzduchu	$T_{em}$	8,3	°C
Návrhová rel. vlhkost vnějšího vzduchu	$F_{ie}$	84	%
Korekční činitel zohledňující kolísání venkovní teploty	$f_{g1}$	1,45	-

Tab. č. 2.2 Klimatické údaje.

Vnitřní výpočtová (návrhová) teplota je definována čl. 7.1 v ČSN EN 12831. Obvyklou hodnotou pro běžně vytápěné místnosti je 20 °C. V některých místnostech norma doporučuje odlišnou vnitřní výpočtovou teplotu (koupelny, chodby, atd.). Program dále vyžadoval zadání objemů a ploch jednotlivých místností. V tabulce č. 2.3 jsou uvedeny zadávané hodnoty všech vytápěných místností.

Označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
	$\theta_{int,i}$	$S_i$	$V_i$
	°C	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
Vstupní hala	15	40,4	90,5
Kuchyně 1	20	59,2	132,6
Kuchyně 2	20	34,3	68,9
Obytná místnost	20	23,9	49,7
Ložnice 1	20	20,9	46,9
Ložnice 2	20	20,9	39,9
Ložnice 3	20	43,1	92,0
Koupelna 1	24	8,4	18,7
Koupelna 2	24	5,4	13,4
WC	24	2,8	5,8
<b>Celkem</b>		<b>273,5</b>	<b>558,4</b>

Tab. č. 2.3 Údaje o vytápěných místnostech.

K výpočtu byly potřebné i údaje o nevytápěných místnostech. Ty lze vyčíst z tabulky č. 2.4.

Označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
	$\theta_{int,i}$	S	$V_i$
	°C	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
<b>Komora</b>	12	11,26	25,2
<b>Sklep</b>	12	138,18	221,1
<b>Podkroví</b>	5	109,00	206,0
<b>Celkem</b>		<b>258,44</b>	<b>452,3</b>

Tab. č. 2.4 Údaje o nevytápěných místnostech.

Vytápění domu je přerušované. Z toho důvodu je potřeba pro dimenzování otopné soustavy navýšit celkovou ztrátu objektu o určitou hodnotu tepelného výkonu. Tento výkon musí během zvolené doby zátoku navýšit vnitřní teplotu z teploty, kterou má místnost během otopné přestávky, na provozní teplotu. V tabulce č. 2.5 jsou uvedeny všechny potřebné údaje ke stanovení tohoto výkonu.

<b>Povolený pokles teploty:</b>	3°C
<b>Doba zátoku:</b>	4 h
<b>Akumulace tepla budovou:</b>	vysoká akumulace
<b>Typ vytápění:</b>	Převažuje přirozená konvekce teplého vzduchu

Tab. č. 2.5 Hodnoty potřebné ke stanovení tepelného výkonu kompenzujícího přerušované vytápění.



V následující tabulce č. 2.6 jsou uvedeny hodnoty přestupu tepla z konstrukce domu do okolí, všechny byly převzaty z ČSN EN ISO 6946.

Popis	$\alpha$
	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Přestup tepla na vnitřní straně (svislá konstrukce, vodorovný tepelný tok)	7,7
Přestup tepla na venkovní straně (svislá konstrukce, vodorovný tepelný tok)	25,0
Přestup tepla na vnitřní straně (vodorovná konstrukce, tepelný tok směrem zdola nahoru)	10,0
Přestup tepla na vnitřní straně (vodorovná konstrukce, tepelný tok směrem shora dolů)	6,0

Tab. č. 2.6 Součinitel přestupu tepla (mezi vzduchem a stavební částí).

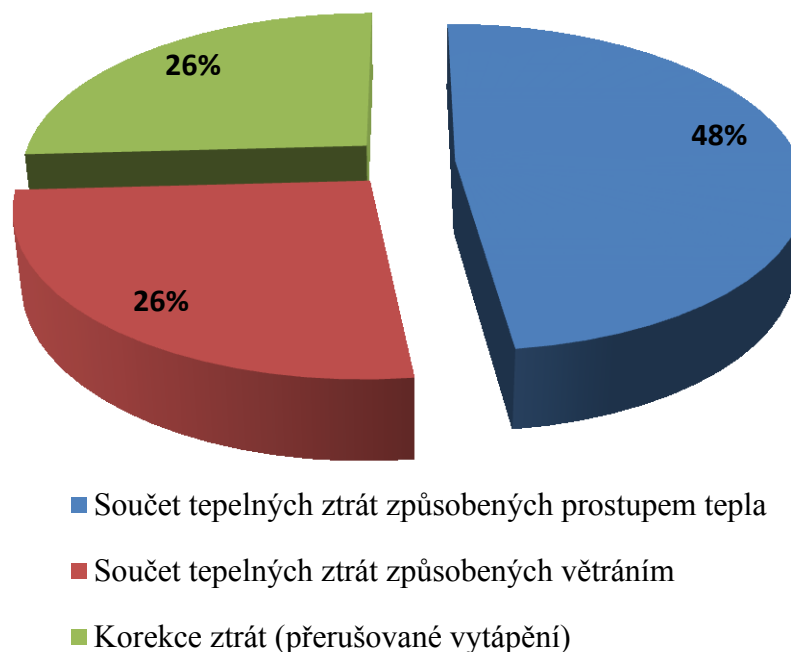
## 2.6 Celková tepelná ztráta objektu

Po zadání všech příslušných hodnot do výpočetního softwaru nám program stanovil celkovou tepelnou ztrátu objektu a hodnotu tepelného výkonu kompenzujícího přerušované vytápění. Hodnota tepelné ztráty způsobená prostupem tepla obálkou vytápěných místností nabývá hodnoty 6,6 kW. Tepelné ztráty způsobené větráním mají hodnotu 3,3 kW. Velikost celkové tepelné ztráty objektu je tedy 9,9 kW. Hodnota tepelného výkonu kompenzujícího přerušované vytápění je 3,6 kW. Po součtu těchto hodnot nám celkový tepelný výkon objektu vychází 13,5 kW. Vše je pro lepší přehlednost zapsáno do tabulky č. 2.7.

Popis	$\Phi_i$
	kW
Součet tepelných ztrát prostupem tepla	6,6
Součet tepelných ztrát větráním	3,3
<b>Celková tepelná ztráta objektu</b>	<b>9,9</b>
Korekce ztrát (přerušování vytápění)	3,6
<b>Celková tepelný výkon objektu</b>	<b>13,5</b>

Tab. č. 2.7 Hodnoty jednotlivých složek celkového tepelného výkonu objektu.

Pro lepší představu jsou složky celkového tepelného výkonu graficky znázorněny v grafu č. 2.1. Téměř polovinu hodnoty tepelného výkonu budovy způsobuje prostup tepla obálkou budovy.



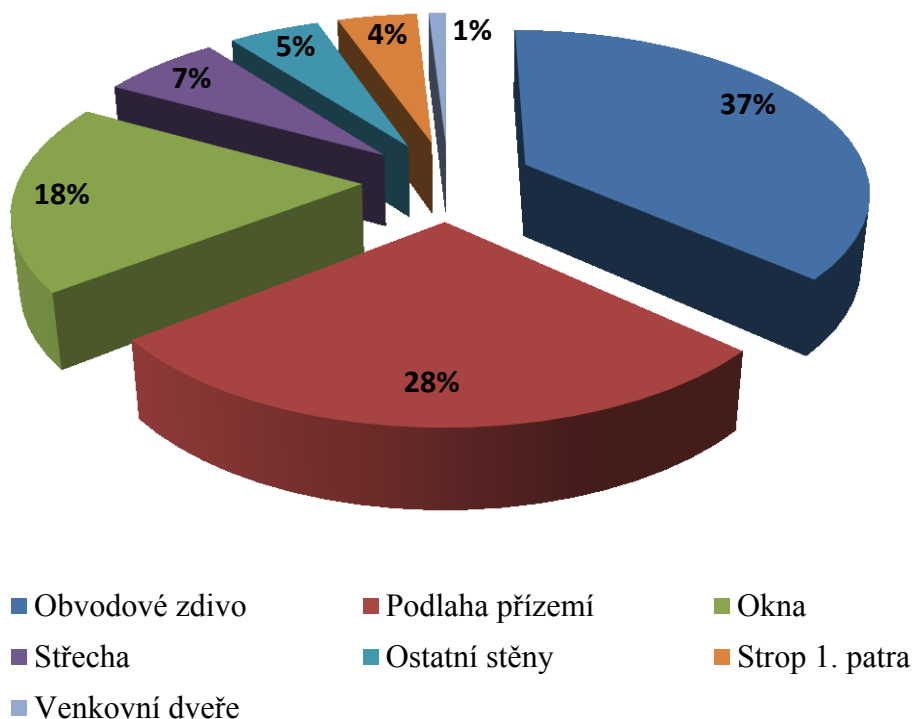
Graf č. 2.1 Procentuální znázornění jednotlivých složek tepelného výkonu rodinného domu.

Hodnoty tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny v tabulce č. 2.8.

Popis	$\Phi_{T,i}$
	kW
Obvodové zdivo	2,43
Podlaha přízemí	1,85
Okna	1,23
Střecha	0,44
Ostatní stěny	0,33
Strop 1. patra	0,23
Dveře	0,06

Tab. č. 2.8 Tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí.

V grafu č. 2.2 můžeme vidět procentuální vyjádření tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí domu. Největší tepelné ztráty má obvodové zdivo, podlaha přízemí a okna.



Graf č. 2.2 Znázornění tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí.

## 2.7 Výpočet roční spotřeby tepla

Ze stanovené tepelné ztráty vypočte program Ztráty roční spotřebu tepla. Výpočet je nabízen podle dvou metodik, Ptáková (1998) a Cihelka (1985). Obě tyto metodiky jsou pouze hrubým přiblížením ke skutečnému stavu. Pro mé účely jsou však dostačující. Jako výslednou spotřebu zde uvedu jejich průměr. Roční spotřebu tepla ovlivňuje několik parametrů. Nejvíce již výše zmíněná tepelná ztráta objektu, dále pak průměrná teplota vzduchu během otopného období v lokalitě umístěné budovy. Důležitým faktorem je hodnota venkovní teploty, při které se začíná vytápět. Od té se odvíjí délka otopného období. Délka otopného období a průměrné teploty přes otopné období byly převzaty z národní přílohy ČSN EN 12831.

Tabulka č. 2.9 obsahuje hodnoty potřebné pro výpočet spotřeby podle denostupňové metody v úpravě dle Ing. D. Ptákové.

Teploty		Hodnota	Jednotky
Délka otopného období:		219	den
Navrhovaná vnitřní teplota:		20	°C
Průměrná vnitřní teplota v otopném období:		18	°C
Navrhovaná venkovní teplota:		-15	°C
Průměrná vnější teplota v otopném období:		3,6	°C
Provoz			
Součinitel vlivu nesoučasnosti:		0,75	-
Součinitel vlivu režimu vytápění:		0,84	-
Součinitel vlivu zvýšení vnitřní teploty:		1,00	-
Regulace			
Typ vytápěcího zařízení:	teplovodní vytápění s otopnými tělesy		
Regulační zařízení:	automatická regulace podle vnitřní teploty v referenční místnosti pro více místností nebo bytů		
<b>Výsledná hodnota:</b>		<b>57,12</b>	<b>GJ</b>

Tab. č. 2.9 Výpočet spotřeby tepla podle Ing. D. Ptákové.

V tabulce č. 2.10 jsou uvedeny hodnoty potřebné pro výpočet spotřeby podle metodiky Cihelka.

Teploty		Hodnota	Jednotky
Délka otopného období:		219	den
Požadovaná vnitřní teplota:		20	°C
Navrhovaná venkovní teplota:		-15	°C
Průměrná vnější teplota v otopném období:		3,6	°C
Provoz			
Typ objektu (pro určení snížení vnitřní teploty):	obytná budova s nočním přerušovaným vytápěním		
Typ objektu (pro určení zkrácení doby vytápění):	trvale vytápěná budova		
<b>Výsledná hodnota:</b>		<b>52,72</b>	<b>GJ</b>

Tab. č. 2.10 Výpočet spotřeby tepla podle metody Cihelka.

Průměrná teoretická hodnota roční spotřeby tepla pro vytápění je po zaokrouhlení 55 GJ. Z této hodnoty budu vycházet při výpočtu ročních nákladů na vytápění.

## 2.8 Vyhodnocení výsledku posouzením podle ČSN 730540-2 (2007)

Tato norma se zabývá technickými požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich využívání. Zajišťuje podle stavebního zákona splnění požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov. Tato norma platí pro nové objekty, stavební práce, udržovací práce, změny v používání budov a jiné změny dokončených budov. V tabulce č. 2.11 vidíme doplňující hodnoty potřebné pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla objektu a pro určení normou požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy.

Popis	Označení	Hodnota	Jednotka
Objem vytápěných zón budovy	V	745,0	m <sup>3</sup>
Plocha ohraničujících konstrukcí	A	302,9	m <sup>2</sup>
Převažující návrhová vnitřní teplota	T <sub>im</sub>	20	°C
Návrhová venkovní teplota	T <sub>ae</sub>	-15	°C

Tab. č. 2.11 Doplňující hodnoty potřebné pro stanovení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy.

Požadavkem je, aby průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  budovy nepřesáhl maximální přípustnou hodnotu  $U_{em,N}$ . Obě hodnoty stanovil výpočetní software. Maximální průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N}$  je roven hodnotě 0,67 W/m<sup>2</sup>K. Výsledkem výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  je hodnota 0,65 W/m<sup>2</sup>K. Můžeme tedy říci, že je požadavek splněn a objekt vyhovuje ČSN 730540-2 (2007). Podle výsledné hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy je možné zařadit objekt do klasifikační třídy C2. Klasifikační ukazatel CI je roven 1,0. V následující tabulce č. 2.12 jsou k nahlédnutí jednotlivé klasifikační třídy.

Klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
<b>A</b>	Velmi úsporná	<− 0,3 <− 0,6 <− 1,0 <− 1,5 <− 2,0 <− 2,5
<b>B</b>	Úsporná	
<b>C</b>	Vyhovující	
<b>D</b>	Nevyhovující	
<b>E</b>	Nehospodárná	
<b>F</b>	Velmi nehospodárná	
<b>G</b>	Mimořádně nehospodárná	

Tab. č. 2.12 Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budov.

### 3 Technicko-ekonomické srovnání jednotlivých způsobů vytápění

#### 3.1 Paliva, energie

Palivo může být při výběru typu vytápění rozhodujícím faktorem. Pro vytápění domů můžeme použít několik druhů paliv, přičemž každé má své určité výhody a nevýhody. Rozdělit tato paliva lze do několika skupin, a to podle jejich určitých vlastností. Nejčastěji se paliva dělí podle skupenství, a to na paliva pevná, kapalná a plynná. Další často používané dělení zohledňuje jejich obnovitelnost, a proto dělíme paliva na obnovitelná a neobnovitelná. Lze konstatovat, že nejčastěji se jako otop rodinných domů používají paliva tuhá či plynná. Pokud bychom chtěli porovnat využívání topiv vzhledem k jejich obnovitelnosti, pak se častěji využívají paliva neobnovitelná.

Sčítání lidu z roku 2011 nám může přibližně nastínit využívání jednotlivých paliv v České republice. Jednotlivá paliva jsou zastoupena ve více než 3,6 mil. domácnostech následujícím způsobem:

- 39 % bytů je vytápěno zemním plynem
- 37 % bytů je vytápěno pomocí centralizovaného zásobování teplem
- 9 % bytů je vytápěno uhlím (cca 336 000 domácností)
- 8 % bytů je vytápěno palivem na bázi dřeva (cca 285 000 domácností)
- 7 % bytů je vytápěno elektřinou
- zbylé množství bytů je vytápěno lehkými topnými oleji, propan-butanem a ostatními způsoby vytápění.

### 3.1.1 Tuhá paliva

V dřívější době byla velmi často používána. Dnes se již od tuhých paliv upouští, a to z důvodu nevýhod, které s sebou nesou. Využívají se převážně v budovách, kde je vytápění pouze rekreační, jako jsou např. chaty a chalupy. A také tam, kde není jiná možnost vytápění. Spalování pevných paliv je při nesprávné manipulaci doprovázeno značnými emisemi prachových částic a škodlivých látek.

#### Černé a hnědé uhlí

V nedávné historii patřilo uhlí k hlavním palivům určeným k vytápění. V 90. letech se od tohoto paliva postupně upouštělo, a to díky přechodu na vytápění plynem či elektrickou energií. Dnes je opět o tato paliva zájem. Zejména díky nízké ceně a také moderním automatickým kotlům, které se vypořádaly s některými nevýhodami, které jsou spojeny s používáním uhlí. Všeobecně vzato je vytápění uhlím doprovázeno velkými emisemi. Z praxe víme, že při plošném používání tohoto paliva docházelo ke značnému znečištění ovzduší karcinogenními látkami a oxidem siřičitým. Mezi další nevýhody tohoto paliva patří nutnost mít zajištěné suché skladovací prostory. Manipulace s větším množstvím je poměrně fyzicky náročná a také prašná. Pokud nevlastníme automatický kotel, je zapotřebí neustálá obsluha zařízení. Starší kotle spalovaly uhlí s poměrně malou účinností a vysokými emisemi. Pokud bychom měli porovnat černé a hnědé uhlí z hlediska účinnosti spalování a emisí, je na tom lépe uhlí černé. Hnědé uhlí obsahuje více popeloviny, vody a také přibližně dvojnásobně větší množství síry. V tabulce č. 3.1 jsou uvedeny ceny uhlí dvou prodejců nacházejících se v Ostravě.

Prodejce	Popis		Výhřevnost	Doprava	Cena
			MJ/kg	Kč	Kč/mprs
Ridera	černé uhlí	Eko hrášek	29,0	1 000	4 500
		Ořech I.	29,0		5 050
	hnědé uhlí	Ořech I.	17,6		3 250
		Ořech II.	17,6		2 750
Kalman trade	černé uhlí	Eko hrášek	27,0	500	4 550
		Ořech I.	27,0		5 100
	hnědé uhlí	Ořech I.	17,0		2 990
		Ořech II.	17,0		2 350

Tab. č. 3.1 Ceny uhlí.

## Dřevo

Zdalo by se, že dřevo je v dnešní době již přežitkem a že jeho využívání bude spíše dekorativního charakteru, například při topení v krbech či kamnech. Opak je ale pravdou. Dřevo je v dnešní době stále používaným topivem, a to zejména díky snahám posledních let zvýšit podíl využívání obnovitelných zdrojů. Jeho přívětivě nízká cena, vzhledem k ostatním druhům paliv a dobrá dostupnost, má za následek každoroční nárůst poptávky. Vytápění palivovým dřívím má ovšem i nevýhody. Jedná se zejména o pracnost při manipulaci a přípravě. Syrové dřevo obsahuje více než 50 % vody. V porovnání s dřevem o zbytkové 15-ti % vlhkosti má poloviční výhřevnost. Spalování dřeva v syrovém stavu je velice neefektivní, pro spalovací zařízení nevhodné a také se zvyšuje produkce nežádoucích emisí. Obsah vody v palivu by neměl překračovat 20 %. Této hodnoty dosáhneme přibližně po dvou letech sušení na větraném místě chráněném před deštěm. Pokud tedy během topné sezóny spotřebujeme např. 10 – 15 m<sup>3</sup> dřeva, musíme počítat s prostorem potřebným pro jeho uskladnění.

Jednotky používané prodejci palivového dřeva jsou Plm (plný metr), Prmr (prostorový metr rovnaný) a Prms (prostorový metr sypaný). Vztah mezi jednotlivými jednotkami je následující:

$$1 \text{ Plm} \approx 1,43 \text{ Prmr} \approx 2,43 \text{ Prms}.$$

Důvodem, proč byly tyto jednotky zavedeny, je pouze zjednodušení prodeje. Nejčastěji se setkáme s prostorovým metrem sypaným. Jedná se o volně sypané polena do košů o objemu 1 m<sup>3</sup>. Můžeme se také setkat s prostorovým metrem rovnaným, kdy jsou jednotlivá polena pečlivě skládána do daného objemu. Toto skládání se samozřejmě negativně promítne do ceny.

V následující tabulce č. 3.2 jsou uvedeni náhodně vybraní prodejci palivového dřeva z Ostravy a jejího okolí.

Prodejce	Popis	Výhřevnost	Doprava	Cena
		MJ/kg	Kč	Kč/prms
Tomáš Kukučka	bříza	13,5	300	890
Daniel Majer – MD paliva	buk, dub	12,9	1 000	675
Pal. dřevo Jaroslav Duda	buk, dub	12,9	500	1 115
Kamila Budimírová	buk, dub	12,9	zdarma	1 000
Jan Havránek	smrk, borovice	13,3	1 100	850

Tab. č. 3.2 Ceny dřeva.



## Pelety a brikety

Používání pelet a briket jako paliva nemá u nás dlouhou historii, avšak v posledních letech využívání tohoto způsobu vytápění každoročně narůstá. Vyrábějí se lisováním, nejčastěji z jemně rozdrčené biomasy. Tento materiál je před lisováním sušen, proto je celkový obsah vody nízký, a to do 10 %. S tím souvisí i relativně vysoká výhřevnost, která nabývá hodnot v rozmezí 15 – 20 MJ/kg. Obsah síry a těžkých kovů je zde minimální, proto se pelety a brikety řadí mezi ekologická paliva. Toto palivo je na trhu nabízeno v rozmezí cen od 3 000 do 5 000 Kč za tunu, přičemž je jasné, že levnější palivo nebude tak kvalitní jako palivo ve vyšší cenové relaci. Kvalitní pelety a brikety mají mít hustotu větší než voda. V tabulce č. 3.3 jsou uvedeni prodejci tohoto paliva.

Prodejce	Popis	Výhřevnost	Doprava	Cena
		MJ/kg	Kč	Kč/t
Biomac Ing. Černý s.r.o.	Brikety - buk	18,8	500	5 300
	Pelety - smrk	18,9		6 200
Ekopaliva Třinec	Brikety - dub	18,5	1 000	5 300
	Pelety - smrk	17,5		5 800
Denas energy	Pelety - smrk	17,8	750	4 000
Dřevo Opava	Pelety - buk	19,5	500	5 300
Proclient	Brikety - dub	16,7	zdarma	4 300

Tab. č. 3.3 Ceny pelet a briket.

### 3.1.2 Plynná paliva

#### Zemní plyn

V České republice je zemní plyn nejrozšířenější palivo pro vytápění rodinných domů. Využívá ho přibližně 2,5 miliónů domácností a přes 1 milión k individuálnímu vytápění. Jedná se o neobnovitelný zdroj energie a jeho zásoby jsou přibližně odhadovány na 200 let. Jelikož se v ČR nenachází žádná významná ložiska tohoto plynu, jsme závislí na jeho dovozu ze zahraničí. Našimi dodavateli je Rusko a Norsko. Zemní plyn můžeme považovat za ekologické palivo. Při jeho správném spalování, ve srovnání s ostatními druhy paliv, vzniká pouze malé množství emisí prachových částic, oxidu siřičitého a oxidu uhelnatého. Zemní plyn je tvořen uhlovodíky, převážně metanem, a to až z 98 %. Cena zemního plynu je dvousložková. První složkou je stálý měsíční poplatek. Druhou složku tvoří cena za odebrané množství plynu. Podle výše ročního odběru je zákazník zařazen do jednotlivých kategorií. Pro představu jsou všechny kategorie vypsány do tabulky č. 3.4.

Dodavatel	Roční odběr v pásmu nad - do MWh/rok	Dvousložková cena (včetně DPH)	
		Cena za odebraný plyn v Kč/MWh	Stálý měsíční plat v Kč
		od 3.5.2013	od 1.1.2013
Severomoravská plynárenská, a.s. RWE plyn standard	do 1,89	2 084,60	73,27
	nad 1,89 do 7,56	1 521,93	123,41
	nad 7,56 do 15	1 441,01	246,16
	nad 15 do 20	1 426,63	274,36
	nad 20 do 25	1 419,80	305,37
	nad 25 do 30	1 413,63	338,64
	nad 30 do 35	1 412,98	368,09
	nad 35 do 40	1 411,74	394,18
	nad 40 do 45	1 409,40	422,74
	nad 45 do 50	1 407,77	449,89
	nad 50 do 55	1 405,94	474,82
	nad 55 do 63	1 402,60	506,18
	nad 63	1 383,39	181,50

Tab. č. 3.4 Ceník pro dodávky zemního plynu konečným zákazníkům kategorie domácnost/maloodběr.

### 3.1.3 Elektrická energie

Vytápění elektrickou energií se řadí mezi nejkomfortnější zdroj tepla. Pohodlí spojené s bezúdržbovým a automatickým provozem je ale vykoupeno vyššími provozními náklady. Využívání el. energie nám umožňuje daleko lepší regulovatelnost. V místě spotřeby není využívání elektrické energie doprovázeno škodlivými emisemi. Mohlo by se tedy zdát, že je tento způsob ekologický. Opak je ale pravdou, jelikož je v ČR většina elektrické energie vyráběna v uhelných a jaderných elektrárnách. Pokud se rozhodneme pro tento způsob vytápění, musíme dostat souhlas od energetických závodů. Ty nás podle spotřeby zařadí do jedné ze čtyř skupin spotřebitelů. Vytápění domácností je zahrnuto ve skupině D. Z nabízených tarifů si vybereme ten, který je pro naše potřeby ideální. Pro vytápění elektřinou bych navrhoval dvoutarifovou sazbu D 45d, která disponuje 20-ti hodinami nízkého tarifu a 4-mi hodinami vysokého tarifu. Cena elektřiny je jako u plynu dvousložková. Podle výše odebíraného elektrického proudu jsme zařazeni do kategorie, která určuje výši stálých měsíčních poplatků. Druhou složkou je cena za odebrané množství MWh. Ceny v jednotlivých třídách jsou uvedeny v tabulce č. 3.5.

Dodavatelé		E.ON	PRE	ČEZ
cena 1 MWh v Kč	vysoký tarif	3496,91	3073,32	3273,12
	nízký tarif	2686,36	2628,77	2748,41
jistič		měsíční platba v Kč		
jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně		178,-	215,38	205,70
jistič nad 3x10 A do 3x16 A včetně		249,-	286,77	292,82
jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně		298,-	335,17	350,90
jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně		358,-	395,67	423,50
jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně		442,-	479,16	525,14
jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně		537,-	574,75	641,30
jistič nad 3x40 A do 3x50 A včetně		657,-	694,54	786,50
jistič nad 3x50 A do 3x63 A včetně		813,-	850,63	975,26
jistič nad 3x63A za každou 1 A k celk. ceně se připočte E.ON 58,- PRE 95,59 ČEZ 60,50		11,98	11,98	14,52
jistič nad 1x25 A za každou 1 A k celk. ceně se připočte E.ON 58,- PRE 95,59 ČEZ 60,50		3,99	3,99	4,84

Tab. č. 3.5 Sazba D 45d - Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin.

### 3.1.4 Srovnání ceny jednotlivých paliv za GJ energie

Pro lepší představu o cenách energií jsem všechna již zmíněná paliva zapsal do tabulky č. 3.6. Z výše uvedených hodnot výhřevností a cen jednotlivých paliv jsem vypočítal náklady na 1 GJ energie. Po nahlédnutí do tabulky můžeme již předběžně říci, která paliva budou pravděpodobně ekonomicky nejvýhodnější.

Palivo	Výhřevnost	Cena	Cena za GJ
Dřevo	13,1 MJ/kg	2,7 Kč/kg	206 Kč
Pelety	18,4 MJ/kg	5,3 Kč/kg	288 Kč
Brikety	18,0 MJ/kg	5,0 Kč/kg	278 Kč
Hnědé uhlí	17,3 MJ/kg	2,8 Kč/kg	162 Kč
Černé uhlí	29,0 MJ/kg	5,0 Kč/kg	172 Kč
Zemní plyn	33,5 MJ/m <sup>3</sup>	1,4 Kč/kWh	389 Kč
Elektrická energie	3,6 MJ/kWh	2,8 Kč/kWh	787 Kč

Tab. č. 3.6 Ceny paliv a elektrické energie.

V další části práce se zaměřím na jednotlivá spalovací zařízení, jejichž účinnost ovlivňuje množství potřebného paliva pro vytápění. Jelikož nejsou v tomto porovnání zahrnuty účinnosti jednotlivých zařízení, můžeme očekávat, že se konečné náklady budou ještě lišit.

### **3.2 Zdroje tepla**

Nejčastěji používané zdroje tepla pro vytápění jsou kotle. V těchto zařízeních se spaluje palivo a uvolněná tepelná energie je předávána teplonosné látce. Volba vhodného typu kotle je závislá na více parametrech. Mezi ty nejdůležitější patří druh používaného paliva, celkový požadovaný tepelný výkon, řešení přívodu spalovacího vzduchu a odvodu spalin, požadavky na provoz, údržbu a regulaci.

#### **Zjednodušené dělení kotlů jako zdrojů tepla**

Podle druhu paliva:

- kotle na plynná paliva (zemní plyn, propan-butan)
- kotel na kapalná paliva (topné oleje)
- kotle na tuhá paliva (černé uhlí, hnědé uhlí, koks, dřevo, biomasa)
- elektrokotle

Podle teplonosné látky:

- vodní (teplovodní do 115 °C, horkovodní nad 115 °C)
- parní

Podle použitého materiálu:

- ocelové
- litinové článkové
- jiné

Podle způsobu umístění a upevnění:

- stacionární
- závěsné

Podle způsobu odvodu spalin:

- do komína či kouřovodu s funkcí komína
- na venkovní fasádu nebo nad střechu v provedení turbo

Podle možného způsobu provozu:

- klasické
- nízkoteplotní
- kondenzační

### **3.2.1 Kotle na tuhá paliva**

Nejdůležitější vlastností kotle je jeho schopnost řídit spalovací proces. V tomto případě je tím myšlena kontrola nad přísunem paliva a spalovacího vzduchu do ohniště. Čím více jsou kotle schopny samy optimálně řídit tento proces bez zásahů obsluhy, tím lepší mají předpoklady pro kvalitnější spalování.

Přívod spalovacího vzduchu může být přirozený nebo nucený. Přirozený přívod je závislý pouze na tahu komína, který vytváří v ohništi kotle podtlak. Vlivem podtlaku je přes speciální otvory vzduch do ohniště nasáván. Nucený přívod vzduchu vytváří regulovaný odtahový nebo tlačný ventilátor. Tento způsob přivádění vzduchu nám dává vyšší kontrolu nad spalovacím procesem. U dávkování paliva můžeme hovořit o dvou možných způsobech. První možností jsou kotle s ruční dodávkou paliva. Už z názvu je patrné, že je palivo dodáváno ručně v intervalech závislých na tepelném výkonu nebo rychlosti hoření. Kotle se samočinnou dodávkou paliva dávkuje palivo automaticky v závislosti na tepelném výkonu. Z definic je zřejmé, že samočinná dodávka znamená řízené dávkování paliva, tedy vyšší stupeň regulace a také vyšší úroveň spalování.

Mezi nejhůře regulovatelné kotle patří prohořivací kotel, v němž probíhá postupné spalování. Spaliny procházejí přes celou vrstvu paliva. Dalším typem je odhořivací kotel, v němž probíhá postupné spalování paliva ve vrstvě plynule doplňované, přičemž spaliny neprocházejí přes vrstvu paliva. Zplyňovací kotel je druh odhořivacího kotle s ručním přikládáním, ve kterém je vyšší úroveň spalování docílena řízeným přísunem spalovacího vzduchu ventilátorem. Nejlepší regulace dosahuje automatický kotel, který má samočinnou dodávku paliva a ventilátorem řízený přísun spalovacího vzduchu.

### **Emise**

Při výběru správného kotle musíme dbát i na hodnoty produkovaných emisí do ovzduší. Dnes je pro zkoušky teplovodních kotlů na tuhá paliva v platnosti norma EN 303 - 5:2012. Tato norma platí v jednotlivých státech EU a jsou v ní popsány způsoby zkoušení kotlů, požadavky na konstrukční materiály a bezpečnost. Dále uvádí základní emisní limity, které musí kotle plnit jak při jmenovitém, tak i při sníženém výkonu. Předchozí norma EN 303-5:1999 stanovovala emisní třídy 1 až 3 spalovacích zařízení. Moderní automatické a zplyňovací kotle splňovaly ve většině případů bez

problémů emisní třídu 3. Nejnovější norma EN 303-5:2012 ji ale nemá emisní třídy 1 a 2 a naopak přidává emisní třídy 4 a 5. Beze změny zůstal jako jediná emisní třída 3.

V současné době se kotle s platným certifikátem pro emisní třídy 1 a 2 mohou prodávat do 31. 12. 2013. Při nové certifikaci ale už musí plnit emisní třídu 3. Od 14. 1. 2014 se budou již prodávat jen kotle emisní třídy 3, 4 a 5. Od roku 2022 bude možné provozovat jen zařízení, která splňují emisní třídu 3. Starší kotle by neměly být po tomto termínu používány. Porušení tohoto nařízení může být pokutováno, a to až částkou 50 000 Kč.

### **Zplyňovací kotel na dřevo ATMOS – Generátor**

Společnost Atmos je česká firma a v současnosti jeden z největších evropských výrobců kotlů na tuhá paliva. Kotel Atmos Generátor je tvořen dvěma nad sebou umístěnými komorami, horní slouží jako zásobník paliva a spodní jako spalovací komora a popelník. Mezi tyto dvě komory je umístěna zplyňovací tryska. Tato tryska umožňuje dokonalé zplyňování a vyhoření paliva při minimální exhalaci. Tento typ kotle také disponuje celokeramickým topeništěm. Díky tomu je kondenzace a tvorba dehtu omezena na minimum. Keramika v příkladacím prostoru také napomáhá k předsušení paliva s následným zplyňováním při vyšší teplotě. Výhodou tohoto zařízení je přívod přehřátého vzduchu těsně před trysku. Díky tomu dochází k odplynění a následnému hoření pouze určitého množství paliva. Kotel pracuje s účinností dosahující až 83 %. Tato technologie umožňuje také lepší zplyňování štěpek a dřevního odpadu. Kotel je vybaven odtahovým ventilátorem spalin a chladicí smyčkou proti přetopení. Dle EN ČSN 303-5 spadá tento kotel do emisní třídy 3. Ekvitermní regulace jde k tomuto kotli dokoupit za 14 000 Kč. Pro delší životnost kotle je nutné, aby vratná voda do kotle neklesla pod teplotu 65 °C. Z tohoto důvodu musí být součástí rozvodů třicístý regulační ventil nebo Laddomat 22. Toto příslušenství samozřejmě navyšuje celkovou cenu zařízení. V tabulce č. 3.7 je proveden výpočet ročních nákladů na provoz kotle.

	Účinnost zařízení	Účinnost rozvodu teplosměnné látky	Palivo	Cena GJ energie	Dovoz	Roční náklady
				Kč		
<b>Atmos - Generator</b>	0,85	0,96	Dřevo	206	1 160	<b>15 044</b>
			Brikety	278	550	<b>19 287</b>

Tab. č. 3.7 Roční náklady kotle Atmos – Generátor.

### Automatický kotel EKO PERFEKT 23kW

Tento automatický kotel je dílem polského výrobce kotlů značky HKS Lazar. Pro tento kotel je vhodným palivem černé a hnědé uhlí frakce ořech II a dřevěné pelety. Palivo je do hořáku dopravováno ze zásobníku paliva za pomoci šnekového dopravníku. Dle EN ČSN 303-5 spadá tento kotel do emisní třídy 3. Tepelný výměník je vyroben z litiny a tvoří horní a střední komoru. Spodní komora je ocelová, opatřena vodním pláštěm pro získávání tepla z popelníku. V horní komoře jsou umístěny keramické desky. Dvířka horní komory slouží k čištění horní části kotlového výměníku. Ve střední komoře je umístěn vodní litinový rošt, který je součástí výměníku kotle. Retortový hořák je umístěn v dolní komoře a je používán při automatickém dávkování standardizovaným palivem. Nad hořákem se nachází litinový nebo keramický deflektor, který slouží k dokonalejšímu spalovacímu procesu. Pod retortovým hořákem je umístěn ocelový popelník. Zásobník spolu se šnekovým dopravníkem tvoří nedílnou součást kotle a je dodáván v pravém nebo levém provedení. Tlačný ventilátor zajišťuje potřebné množství spalovacího vzduchu v ohništi. Retortový hořák je vyroben z litiny. Standardně je kotel vybaven ekvitermní regulací EcoMAX 800 pro řízení TUV a okruhu UV. Ke každému okruhu lze připojit pokojový termostat nebo panel EcoSTER200. Výpočet provozních nákladů pro jednotlivá paliva je proveden v tabulce č. 3.8.

	Účinnost zařízení	Účinnost rozvodu teplosměnné látky	Palivo	Cena GJ	Dovoz	Roční náklady
				Kč		
Ekoperfekt	0,81	0,96	Hnědé uhlí	162	750	12 203
			Černé uhlí	172	750	12 910
			Pelety	288	550	20 911

Tab. č. 3.8 Roční náklady automatického kotle Ekoperfekt.

#### 3.2.2 Kondenzační plynové kotle

Tyto plynové kotle využívají kondenzaci, skupenskou přeměnu, při které se plynná látka mění na kapalinu. Při tomto ději se současně uvolňuje skupenské teplo kondenzace. Ke kondenzaci vodní páry obsažené ve spalínách dochází přímo uvnitř kotle. Vodní pára vzniká především hořením uhlovodíků. Může být ale také obsažena ve spalovacím vzduchu. U klasických plynových kotlů jsou spaliny obsahující tuto vodní páru odváděny pryč do ovzduší. Množství takto nevyužitá energie může dosahovat až 11 % z výhřevnosti paliva. Účelem kondenzačního zařízení je odebrat spalínám tuto energii ochlazením vodní páry. Ke zchlazení spalin dochází ve speciálním

výměníku, kde se získané teplo využívá jako přehřev topné vody. Největší množství energie získáme při teplotě topné vody, která je nižší než rosný bod spalin. U zemního plynu se rosný bod pohybuje kolem teploty 57 °C. Za ideálních podmínek nás součet takto získané energie a výhřevnosti zemního plynu vede k účinnosti až 109 %. Fyzikálně správný výpočet účinnosti ze spalného tepla nám dává objektivní výsledek, a to maximální hodnotu 97,4 %. Oproti klasickým kotlům umožňuje kondenzační technika snížit spotřebu plynu až o 30 %. Snižuje také emise škodlivin NO<sub>x</sub> a CO.

Pro plynový kondenzační kotel je nejvhodnější nízko potenciální systém vytápění s teplotním spádem 50/30 °C. Nízká teplota teplosměnného média umožňuje naplno využít kondenzaci při jakékoliv venkovní teplotě.

Konstrukce kotle se vyznačuje tím, že má hořák umístěn v horní části a spalínové hrdlo ve spodní. Materiály teplosměnné plochy výměníku, jako např. nerez ocel nebo hliníko-hořčíková slitina, zabezpečují jeho odolnost proti korozi. Součástí kotle je také spalínový nebo vzduchový ventilátor. Jeho absence by se vlivem nízké teploty spalin projevila na nedostatečném tahu v komíně. Komín musí být také ošetřen proti vlhkosti a vnitřnímu přetlaku.

#### **Kondenzační plynový kotel EcoTherm KOMPAKT WBS 22E 4,9-22 kW**

Plynové kotle Brötje této řady nám dávají špičkovou techniku průkopníka výhřevné techniky za poměrně výhodnou cenu. Výhodou tohoto kotle je velká modulace topného výkonu hořáku při zachování vysoké účinnosti. Tepelný výměník je vyroben ze slitiny hliníku a křemíku, je tedy velice odolný vůči korozi. Tyto kovy disponují dobrou tepelnou vodivostí a prodlužují životnost celého kotle. Kotel může být také využíván pro kombinovaný provoz, tedy pro vytápění a ohřev TUV. Normovaný stupeň využití dosahuje při 40/30 °C 108 %. Samozřejmostí je také velice nízká produkce emisí. Údržba těchto kotlů je minimální. Díky tlumičům hluku je provoz poměrně tichý. Roční náklady na provoz kondenzačního kotle jsou vypočteny v tabulce č. 3.9. Výše paušálních poplatků je určena celkovou roční spotřebou plynu. Od roční spotřeby 15 do 20 MWh je výše měsíčních paušálních poplatků 274 Kč.

	<b>Účinnost zařízení</b>	<b>Účinnost rozvodu teplosměnné látky</b>	<b>Palivo</b>	<b>Cena GJ</b>	<b>Paušální poplatky</b>	<b>Roční náklady</b>
				<b>Kč</b>		
<b>EkoTherm Kompakt</b>	1,03	0,96	Zemní plyn	389	3 293	<b>25 124</b>

Tab. č. 3.9 Roční náklady plynového kondenzačního kotle EkoTherm Kompakt.



### 3.2.3 Elektrické kotle

Elektrický kotel je zařízení, které slouží k přímé transformaci elektrické energie na tepelnou energii. Na rozdíl od ostatních zdrojů tepla, jako kotle na tuhá paliva či plynové kotle, jsou lehké a neobjemné. Uvedení do provozu zahrnuje pouze jednoduché připojení do elektrické sítě nebo na stávající elektrorozvaděč. Jediným omezujícím parametrem je dostatečně dimenzovaná elektrická přípojka a odpovídající jističe. Pořizovací náklady těchto kotlů jsou znatelně nižší než u jiných zařízení. Jsou velmi dobře regulovatelné a jejich účinnost dosahuje 99 %. Provoz je velmi tichý a bezúdržbový. Na druhou stranu vysoký provozní komfort je vykoupěn vysokými provozními náklady. Nevýhodou je také závislost na dodávce elektrické energie. Je jasné, že při výpadku nebo odpojení z elektrické soustavy si prostě nezatopíme. Elektrické kotle můžeme podle využití rozdělit na tři skupiny. Máme tedy kotle, které jsou určeny čistě jenom k vytápění, kotle pro ohřev TUV a kotle pro kombinovaný provoz, které slouží jak k ohřevu TUV tak i k vytápění objektu.

#### Dakon DALINE PTE 4-18 kW

Jedná se o nástěnný elektrokotel moderního vzhledu s tichým chodem. Výhodami tohoto zařízení je jednoduchá obsluha. V porovnání se staršími elektrokotli je jeho provoz hospodárnější. Zařízení je řízeno automaticky, kotlovým nebo prostorovým termostatem. Kotel je také možno provozovat v kombinovaném zapojení pro ohřev TUV. Účinnost transformace el. energie je až 99%. V zařízení je vestavěná 7 litrová tlaková expanzní nádoba a pojistný ventil. Montáž není náročná a celkově je zařízení poměrně malé. Roční náklady spojené s provozem elektrokotle jsou uvedeny v následující tabulce č. 3.10.

	Účinnost zařízení	Účinnost rozvodu teplosměnné látky	Palivo	Kč/GJ	Paušální poplatky	Roční náklady
				Kč		
<b>Dakon DALINE</b>	0,99	0,96	Elektrická energie	787	11 700	<b>57 244</b>

Tab. č. 3.10 Roční náklady elektrokotle Dakon Deline.

### 3.2.4 Investiční náklady jednotlivých zařízení

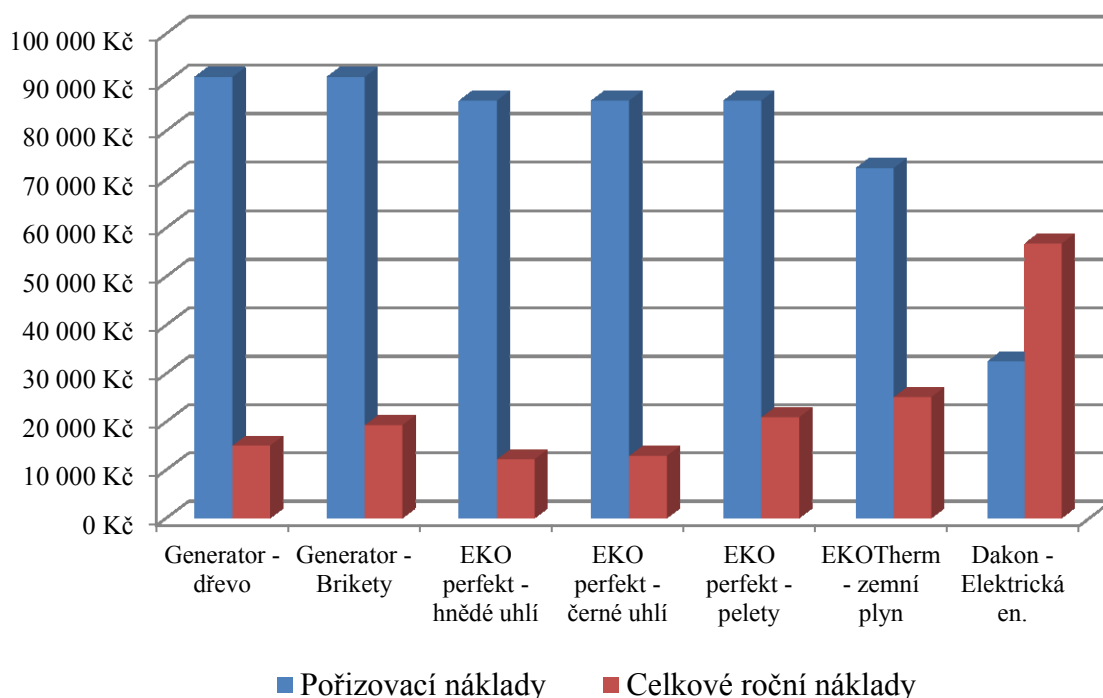
Jedna z prvních věcí, která nás při výběru zařízení zajímá, jsou celkové investiční náklady. Tato částka se skládá z několika položek. Největší část nákladů činí cena zařízení. Ta se může pohybovat v řádech tisíců až statisíců korun. Ve většině případů se musí k samotnému zařízení zakoupit i příslušenství, např. regulační systém, připojovací armatury, potrubí atd. Do investičních nákladů se musí započítat i částka zaplacená firmě za odbornou montáž a za uvedení zařízení do provozu odbornými pracovníky.

Všechny tyto položky jsem pro vybrané kotle uvedl v tabulce č. 3.11. Nejnižší pořizovací náklady má elektrokotel. Nejvyšší zplyňovací kotel Atmos – Generátor.

Název	Cena zařízení	Cena příslušenství	Montáž	Uvedení do provozu	Celkové pořizovací náklady
	Kč				
<b>ATMOS – Generátor</b>	56 800	21 500	10 350	2 400	<b>91 050</b>
<b>Kotel EKO PERFEKT</b>	69 700	3 600	10 500	2 400	<b>86 200</b>
<b>Exoderm KOMPAKT</b>	54 300	5 000	11 800	1 200	<b>72 300</b>
<b>Dakon DALINE</b>	19 700	3 400	7 500	1 900	<b>32 500</b>

Tab. č. 3.11 Náklady spojené s pořízením jednotlivých zařízení.

Z ekonomického hlediska jsou pro nás nejdůležitější položkou pořizovací (investiční) a roční provozní náklady. Tyto náklady jsem pro srovnání znázornil ve sloupcovém grafu č. 3.1.



Graf č. 3.1 Porovnání investičních a provozních nákladů.

Z hlediska ročních provozních nákladů je nejvýhodnější variantou automatický kotel spalující hnědé uhlí. Z hlediska investičních nákladů je nejlepší volbou elektrokotel.

### 3.3 Posouzení výhod a nevýhod jednotlivých zdrojů tepla

#### Zplyňovací kotel Atmos – Generátor

##### Výhody

- nízké provozní náklady
- palivem je obnovitelný zdroj energie

##### Nevýhody

- vyšší investiční náklady
- velké skladovací prostory
- nutnost sušení dřeva
- účinnost spalování je závislá na vlhkosti dřeva
- nutné každoroční doplnění paliva
- vyšší emise než u plynových a elektrických kotlů
- nutná častá údržba

#### Automatický kotel EKOperfekt

##### Výhody

- nízké provozní náklady
- při spalování pelet využívání obnovitelného zdroje energie

##### Nevýhody

- vyšší pořizovací náklady
- nutné suché skladovací prostory
- prašná manipulace
- nutné zajištění paliva na nadcházející topnou sezónu
- vyšší emise než u plynových a elektrických kotlů
- nutná častá údržba

#### Plynový kondenzační kotel EkoTherm

##### Výhody

- bezobslužný, nenáročný provoz
- nenáročná údržba
- vysoká účinnost
- vysoká životnost
- velmi nízká tvorba emisí

##### Nevýhody

- zvyšující se cena plynu
- nutná plynofikace
- závislost dodávek plynu na zahraničí

## Elektrokotel Dakon DALINE

### Výhody

- nízké investiční náklady
- hospodárny provoz
- dobrá regulovatelnost
- malé rozměry zařízení
- dlouhá životnost

### Nevýhody

- vysoké provozní náklady
- náročnější rozvody elektrické energie
- rostoucí cena el. energie

Z výše uvedených příkladů výhod a nevýhod u jednotlivých zařízení se pokusím vybrat tu nejlepší variantu.

V případě uvedeného rodinného domu, kde je přiveden zemní plyn, nemá vytápění elektrickou energii smysl, proto **elektrokotel kotel Dakon DALINE** nedoporučuji. Elektrická energie najde uplatnění např. v místech, kde není zajištěna plynofikace. Často se také využívá u nízkoenergetických novostaveb s malou tepelnou ztrátou.

**Zplyňovací kotel na dřevo Atmos – Generátor** je, co se týče provozních nákladů, daleko přijatelnější možností. Vyznačuje se zároveň nízkými emisemi škodlivin do ovzduší, což je v dnešní době velice žádaným parametrem. I přes tyto kladné vlastnosti ale není pro daný objekt vhodným zdrojem tepla. Hlavním důvodem proč vyřazují tento kotel, je potřeba časté obsluhy. Při nižších teplotách venkovního vzduchu je nutné přikládat několikrát za den. Dalším důvodem proč tento způsob vytápění neschvalují, je každoroční práce se dřevem. Na každou sezónu je potřeba zajistit přibližně 12 m<sup>3</sup> skládaného dřeva. Pokud bychom sušili dřevo 2 roky, budeme potřebovat úložný prostor o objemu 36 m<sup>3</sup>.

**Automatický kotel EKOperfekt** je vhodnější variantou než obě předcházející možnosti. Provozní náklady jsou při spalování uhlí velmi nízké. Zásobník paliva a automatický podavač odstraňují nevýhodu spojenou s častou obsluhou. Nevýhodou u tohoto zařízení je prašná manipulace s palivem a při spalování uhlí i zvýšená tvorba emisí v porovnání se zplyňovacím kotlem. Pokud bychom chtěli prašnou manipulaci odstranit a emise snížit, můžeme spalovat v tomto kotli pelety. Tím se avšak navýší provozní náklady, které jsou poté téměř srovnatelné s provozními náklady kondenzačního kotle.

**Kondenzační plynový kotel EkoTherm** se mi jeví jako nejvhodnější varianta vytápění. Investiční náklady jsou v porovnání s kotli na tuhá paliva nižší a provozní náklady přiměřené. Výběrem tohoto zdroje tepla nám odpadají všechny nevýhody spojené s výše uvedenými kotli. Emise kondenzačních kotlů jsou minimální, provoz bezobslužný, nejsou potřeba žádné skladovací prostory pro palivo. Jedinou nevýhodou je závislost na dodávkách plynu ze zahraničí.

## 4 Závěr

Cílem práce bylo zvolit pro starší rekonstruovaný rodinný dům nejvhodnější způsob vytápění.

První část práce byla zaměřena na výpočet celkové tepelné ztráty objektu, resp. celkového tepelného výkonu. Za pomoci výpočetního softwaru byla stanovena celková tepelná ztráta na 9,9 kW. Hodnota potřebného tepelného výkonu zařízení byla programem stanovena na 13,5 kW. Z celkové tepelné ztráty byla vypočtena roční teoretická spotřeba tepla na vytápění, která má hodnotu 55 GJ. Výpočetní software jsem dále využil k posouzení prostupu tepla obálkou budovy podle ČSN 730540-2. Výsledkem bylo zařazení obálky budovy do klasifikační třídy C2, tedy do vyhovující třídy.

V druhé části jsem se zabýval technicko-ekonomickým srovnáním jednotlivých způsobů vytápění. V úvodu této kapitoly jsem se věnoval jednotlivým druhům paliv a možným zdrojům tepla. Následně jsem vybral čtyři konkrétní zdroje tepla:

- zplyňovací kotel na dřevo Atmos – Generátor
- automatický kotel na uhlí a pelety EKOperfect
- plynový kondenzační kotel EkoTherm Kompakt
- elektrokotel Dakon Deline.

Tyto kotle jsem srovnal z pohledu jejich investičních a provozních nákladů. Po finanční stránce vycházel nejlépe automatický kotel EKOperfect spalující uhlí. Avšak při výběru vhodného zařízení nerozhodovaly pouze nejnižší finanční náklady. Mezi další výběrová kritéria patřil požadavek na bezobslužný provoz kotle, minimální emise a problémem byla i absence skladovacího prostoru paliva. Těmto všem požadavkům nejlépe vyhovoval plynový kondenzační kotel EcoTherm KOMPAKT WBS 22E 4,9-22 kW.

Po konečném zvážení všech kritérií a daných požadavků, po výpočtu potřebného tepelného výkonu zařízení a zohlednění finančních nákladů, vychází jako optimální zdroj tepla pro posuzovaný rodinný dům plynový kondenzační kotel **EcoTherm KOMPAKT WBS 22E 4,9-22 kW**. Celková výše investičních nákladů na toto zařízení činí 72 300 Kč a roční provozní náklady 25 124 Kč. Výkon tohoto kotle je dostatečný i pro kombinovaný provoz, tedy pro vytápění a ohřev TUV.

## Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [2] ČSN 730540-2 (2007). *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] DOSEDĚL, Antonín a Lea TREUOVÁ. *Čítanka výkresů ve stavebnictví: [příručka pro stavaře]*. 3. upr. vyd. Praha: Sobotáles, 2007, 242 s. Stavíme. ISBN 80-868-1706-7.
- [4] DUFKA, Jaroslav a Lea TREUOVÁ. *Vytápění domů a bytů*. 1. vyd. Praha: Grada, 1997, 127 s. Stavíme. ISBN 80-716-9401-0.
- [5] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 3., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2005, x, 145 s. Stavíme. ISBN 80-736-6016-4.
- [6] SRDEČNÝ, Karel a Lea TREUOVÁ. *Úspory energie v domě: [příručka pro stavaře]*. 1. vyd. Praha: Garda, 2004, 111 s. Stavíme. ISBN 80-247-0523-0.
- [7] VRÁNA, Jakub a Lea TREUOVÁ. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 331 s. Stavíme. ISBN 978-80-247-1588-9.
- [8] TOPINFO S.R.O. *TZB-info* [online]. © 2001-2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: [www.tzb-info.cz/](http://www.tzb-info.cz/)

## Seznam tabulek

- Tab. č. 2.1 Součinitele tepelné vodivosti použitých stavebních materiálů. [14]
- Tab. č. 2.2 Klimatické údaje. [15]
- Tab. č. 2.3 Údaje o vytápěných místnostech. [15]
- Tab. č. 2.4 Údaje o nevytápěných místnostech. [16]
- Tab. č. 2.5 Hodnoty potřebné ke stanovení tepelného výkonu kompenzujícího přerušované vytápění. [16]
- Tab. č. 2.6 Součinitel přestupu tepla (mezi vzduchem a stavební částí). [17]
- Tab. č. 2.7 Hodnoty jednotlivých složek celkové tepelné ztráty. [17]
- Tab. č. 2.8 Velikosti jednotlivých ztrát jednotlivými konstrukcemi. [18]
- Tab. č. 2.9 Výpočet spotřeby tepla podle Ing. D. Ptákové. [20]
- Tab. č. 2.10 Výpočet spotřeby tepla podle metody Cihelka. [20]
- Tab. č. 2.11 Doplnující hodnoty potřebné pro stanovení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy. [21]
- Tab. č. 2.12 Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budov. [22]
- Tab. č. 3.1 Ceny uhlí. [23]
- Tab. č. 3.2 Ceny dřeva. [24]
- Tab. č. 3.3 Ceny pelet a briket. [25]
- Tab. č. 3.4 Ceník pro dodávky zemního plynu konečným zákazníkům kategorie domácnost/maloodběr. [26]
- Tab. č. 3.5 Sazba D 45d - Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin. [27]
- Tab. č. 3.6 Ceny paliv a elektrické energie. [27]
- Tab. č. 3.7 Roční náklady kotle Atmos – Generátor. [30]
- Tab. č. 3.8 Roční náklady automatického kotle Ekoperfekt. [31]
- Tab. č. 3.9 Roční náklady plynového kondenzačního kotle EkoTherm Kompakt. [32]
- Tab. č. 3.10 Roční náklady elektrokotle Dakon Deline. [33]
- Tab. č. 3.11 Náklady spojené s pořízením jednotlivých zařízení. [34]

## **Seznam grafů**

Graf č. 2.1 Procentuální znázornění jednotlivých tepelných ztrát rodinného domu [18]

Graf č. 2.2 Znázornění tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi [19]

Graf č. 3.1 Porovnání investičních a provozních nákladů. [34]

## **Seznam obrázků**

Obr. č. 1.1 Pohled na dům ze silnice. [9]

## **Seznam příloh**

Příloha A – Výkres jihozápadního a jihovýchodního pohledu na dům.

Příloha B – Výkres severozápadního a severovýchodního pohledu na dům.

Příloha C – Výkres přízemního patra domu.

Příloha D – Výkres 1. patra domu

Příloha E – Výkres příčného řezu domu.